



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 195 36 433 A 1

⑤1 Int. Cl. 6:
G 01 B 7/30
G 01 D 5/20
G 01 R 33/02
H 01 L 43/08

⑳ Aktenzeichen: 195 36 433.3
㉔ Anmeldetag: 29. 9. 95
㉕ Offenlegungstag: 10. 4. 97

DE 195 36 433 A 1

㉑ Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

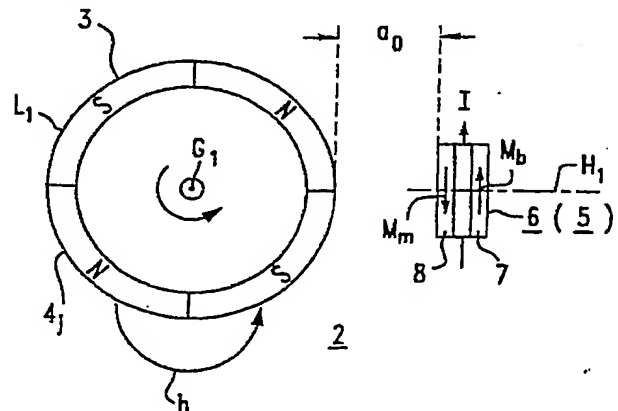
㉒ Erfinder:
Schelter, Wolfgang, Dr., 91080 Uttenreuth, DE;
Clemens, Wolfgang, Dr., 90617 Puschendorf, DE;
Schmidt, Ludwig, 85301 Schweitenkirchen, DE;
Vieth, Michael, 91096 Möhrendorf, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 35 26 338 C2
DE 33 08 404 C2
DE-AS 25 32 985
DE 43 01 704 A1
-WO 94 17 426
DE 42 43 358 A1
DE 42 43 357 A1
DE 42 32 244 A1
EP 04 83 373 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zur berührungslosen Positionserfassung eines Objektes und Verwendung der Vorrichtung

⑤7 Die Positionserfassungsvorrichtung (2) enthält eine magnetfelderzeugende Einrichtung (3) mit wenigstens einem Magnetpol (4₁) und eine Sensoreinrichtung (5) mit wenigstens einem Sensor (6) mit erhöhtem, insbesondere giantmagnetoresistivem Effekt. Erfindungsgemäß soll die magnetfelderzeugende Einrichtung (3) bezüglich der Sensoreinrichtung (5) so angeordnet sein, daß die Richtung einer Normalen (H₁) auf der Ebene des Sensors (6) unter einem von Null verschiedenen Winkel bezüglich einer gedachten Bezugslinie (L₁), an welcher der mindestens eine Magnetpol (4₁) liegt, verläuft, und soll die magnetfelderzeugende Einrichtung (3) bezüglich der Sensoreinrichtung (5) so zu bewegen sein, daß dabei das Magnetfeld (h) des mindestens einen Magnetpols (4₁) von dem Sensor (6) erfaßt wird und dabei ein der Zahl der erfaßten Magnetpole entsprechend vielfaches Durchlaufen zumindest eines Teils der Sensor-kennlinie bewirkt wird.



DE 195 36 433 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur berührungslosen Erfassung der Position eines Objektes bezüglich einer vorgegebenen Ausgangslage. Die Vorrichtung umfaßt dabei eine magnetfelderzeugende Einrichtung und eine Sensoreinrichtung, die wenigstens einen stromdurchflossenen Sensor mit erhöhtem magnetoresistiven Effekt enthält, der ein Schichtensystem mit mindestens einer magnetisch weichen Meßschicht mit einer in ihrer Schichtebene drehbaren Magnetisierung und mindestens einen magnetisch härteren Biasteil mit einer zumindest weitgehend unveränderten Magnetisierung aufweist. Mit dieser Sensoreinrichtung oder mit der magnetfelderzeugenden Einrichtung ist das Objekt starr verbunden. Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung einer solchen Vorrichtung.

Eine entsprechende Vorrichtung und deren Verwendung sind der WO 94/17426 zu entnehmen.

In Schichten aus ferromagnetischen Übergangsmetallen wie Ni, Fe oder Co und deren Legierungen kann eine Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes von der Größe und der Richtung eines das Material durchdringenden Magnetfeldes gegeben sein. Den bei solchen Schichten auftretenden Effekt nennt man "anisotropen Magnetowiderstand (AMR)" oder "anisotropen magnetoresistiven Effekt". Er beruht physikalisch auf den unterschiedlichen Streuquerschnitten von Elektronen mit unterschiedlichem Spin und der Spinpolarität des D-Bandes. Die Elektronen werden als Majoritäts- bzw. Minoritätselektronen bezeichnet. Für entsprechende magnetoresistive Sensoren wird im allgemeinen eine dünne Schicht aus einem solchen magnetoresistiven Material mit einer Magnetisierung in der Schichtebene vorgesehen. Die Widerstandsänderung bei Drehung der Magnetisierung bezüglich der Richtung eines über den Sensor geleiteten Stromes kann dann einige Prozent des normalen isotropen (= ohm'schen) Widerstandes betragen.

Ferner sind seit einiger Zeit magnetoresistive Mehrschichtensysteme bekannt, welche mehrere, zu einem Stapel angeordnete ferromagnetische Schichten enthalten, die jeweils durch metallische Zwischenschichten voneinander getrennt sind und deren Magnetisierungen jeweils in der Schichtebene liegen. Die Dicken der einzelnen Schichten sind dabei deutlich geringer als die mittlere freie Weglänge der Leitungselektronen gewählt. In solchen Mehrschichtensystemen kann nun zusätzlich zu dem erwähnten anisotropen magnetoresistiven Effekt AMR ein sogenannter "giant-magnetoresistiver Effekt" oder "Giant-Magnetowiderstand (GMR)" auftreten (vgl. z. B. EP-A-0 483 373). Ein solcher GMR-Effekt beruht auf der unterschiedlich starken Streuung von Majoritäts- und Minoritäts-Leitungselektronen an den Grenzflächen zwischen den ferromagnetischen Schichten und den dazu benachbarten Schichten sowie auf Streueffekten innerhalb dieser Schichten, insbesondere bei Verwendung von Legierungen. Der GMR-Effekt ist dabei ein isotroper Effekt. Er kann erheblich größer sein als der anisotrope Effekt AMR. In entsprechenden, einen GMR-Effekt zeigenden Mehrschichtensystemen sind benachbarte metallische Schichten zunächst entgegengesetzt magnetisiert, wobei eine Biaschicht bzw. ein Biasschichtteil magnetisch härter als eine Meßschicht ist. Unter Einfluß eines äußeren Magnetfeldes, d. h. einer in der Schichtebene ausgeprägten Komponente dieses Feldes, kann sich dann die anfängliche antiparallele Ausrichtung der Magnetisierungen in

eine parallele umwandeln. Bei entsprechenden Magnetfeldsensoren wird diese Tatsache ausgenutzt.

Ein entsprechender Sensor geht aus der eingangs genannten WO-Schrift hervor. Er ist Teil einer Vorrichtung zur berührungslosen Erfassung einer Winkelposition eines Objektes. Hierzu ist das Objekt starr mit einem Permanentmagneten verbunden, der in einer zu einer Meßschichtebene parallelen Ebene drehbar angeordnet ist. Dieser Magnet erzeugt in der Meßschicht eine Magnetfeldkomponente, die somit gegenüber einer magnetischen Vorzugsachse eines Biasteils des Sensors drehbar ist und deshalb zu einer entsprechenden Drehung der Magnetisierung in der magnetisch weicheren Meßschicht führt. Der elektrische Widerstand des Sensors hängt so vom Winkel zwischen der Magnetisierung der Meßschicht und der magnetischen Vorzugsrichtung des Biasteils ab. Diese Abhängigkeit ist im allgemeinen anisotrop aufgrund der vorgegebenen Form (Geometrie) des Schichtaufbaus des Sensors. Eine entsprechende Vorrichtung zum Erfassen einer Winkelposition, die insbesondere ein kontaktloses Potentiometer bilden kann, ist jedoch eingeschränkt auf eine gemeinsame Symmetrieachse des Magneten und des Sensors, um welche entweder der Magnet oder der Sensor selbst drehbar angeordnet ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die bekannte Vorrichtung mit den eingangs genannten Merkmalen dahingehend auszugestalten, daß eine derartige Einschränkung nicht mehr gegeben ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die magnetfelderzeugende Einrichtung an einer gedachten Bezugslinie einen Magnetpol oder längs dieser Linie mehrere hintereinandergereihte, wechselnde Magnetfeldrichtungen erzeugende Magnetpole bildet und bezüglich der Sensoreinrichtung so angeordnet ist, daß die Richtung einer Normalen auf der Ebene der Meßschicht des wenigstens einen Sensors unter einem von Null verschiedenen Winkel bezüglich der gedachten Bezugslinie des mindestens einen Magnetpols verläuft. Außerdem soll die magnetfelderzeugende Einrichtung bezüglich der Sensoreinrichtung so relativ zu bewegen ist, daß dabei das Magnetfeld des mindestens einen Magnetpols von der Meßschicht des wenigstens einen Sensors erfaßt wird und daß dabei ein der Zahl der erfaßten Magnetpole entsprechend vielfaches Durchlaufen der Sensorkennlinie oder eines Teils derselben bewirkt wird.

Die mit dieser Ausgestaltung der Positionserfassungsvorrichtung verbundenen Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, daß zum einen eine kontaktlose Erfassung von Winkelpositionen von Objekten im gesamten Winkelbereich von 360° oder von Linearpositionen zu realisieren ist und daß zum anderen die Anforderungen an die erforderliche Genauigkeit der Montagepositionen der magnetfelderzeugenden Einrichtung und der Sensoreinrichtungen vermindert sind. Denn mit der Verwendung von mindestens einem Sensor für die Sensoreinrichtung, der ein Schichtensystem mit erhöhtem magnetoresistiven Effekt aufweist, wird hier bei einem Vorbeiführen des mindestens einen Magnetpols an der Sensoreinrichtung auf der Bezugslinie im wesentlichen nur die Abhängigkeit des Sensormeßsignals von der Richtung des äußeren Magnetfeldes, nicht aber von dessen Feldstärke ausgenutzt.

Besonders vorteilhaft ermöglicht eine solche Positionserfassungsvorrichtung den Aufbau eines kontaktlosen Potentiometers.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemä-

Ben Positionserfassungsvorrichtung gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird nachfolgend auf die Zeichnung Bezug genommen. Es zeigen jeweils schematisch

die Fig. 1 und 2 in Seiten- bzw. Aufsicht eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Drehpositionserfassungsvorrichtung mit einem Polrad,

die Fig. 3 und 4 in Seitenaufsicht eine zweite bzw. eine dritte Ausführungsform einer entsprechenden Vorrichtung,

die Fig. 5 in Seitenansicht eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Linearpositionserfassungsvorrichtung mit einer linearen Polanordnung,

die Fig. 6 in Seitenansicht eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Drehpositionserfassungsvorrichtung mit einem Polrad,

die Fig. 7 eine Aufsicht auf die Vorrichtung nach Fig. 6 und

die Fig. 8 in Seitenansicht eine fünfte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Drehpositionserfassungsvorrichtung mit einem anderen Polrad.

In den Figuren sind sich entsprechende Teile mit denselben Bezugszeichen versehen.

Mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine lineare-Position- oder eine Drehposition eines beliebigen Objektes berührungslos zu erfassen. Die Vorrichtung weist zwei Haupteinheiten auf, nämlich eine Einrichtung zur Erzeugung einer magnetischen Feldkomponente sowie eine Einrichtung zur Detektion dieser Magnetfeldkomponente, um ein im wesentlichen nur von der Magnetfeldrichtung abhängiges Ausgangssignal zu erzeugen. Eine dieser beiden Einrichtungen ist starr mit dem Objekt verbunden, so daß dessen Position bezüglich einer vorgegebenen Ausgangslage bzw. relativ zu der Position der anderen Einrichtung zu erfassen ist. Die magnetfelderzeugende Einrichtung weist einen oder mehrere an der Detektionseinrichtung ein- oder mehrmals vorbeizuführende und dieser zugewandte Magnetpole auf. Ist nur ein Magnetpol vorgesehen, so kann dieser an einer gedachten Bezugslinie liegend angesehen werden. Bei mehreren Magnetpolen sollen diese längs einer entsprechenden gedachten Bezugslinie gesehen hintereinandergereiht sein, wobei die von den Magnetpolen erzeugten Magnetfelder längs dieser Linie wechselnde, vorzugsweise alternierende oder periodisch wechselnde Magnetfeldrichtungen bezüglich der Detektionseinrichtung haben sollen. Die Bezugslinie kann dabei eine gerade oder eine gekrümmte Linie darstellen.

Im Falle einer Geraden ist insbesondere eine Erfassung einer Linearposition eines Objektes möglich. Mit einer gekrümmten Linie kann insbesondere eine Umfangslinie eines Kreises ausgebildet sein, wie er z. B. von einem Polrad gebildet wird. Damit lassen sich vorzugsweise Winkelpositionen zwischen 0 und 360° erfassen. Die als Sensoreinrichtung anzusehende bzgl. der Magnetfeldrichtung empfindliche Einrichtung umfaßt mindestens einen stromdurchflossenen Sensor. Dabei können mehrere sich entsprechende Sensoren zu der Sensoreinrichtung elektrisch verschaltet sein und beispielsweise eine Wheatstone'sche Brücke bilden. Jeder Sensor weist ein Mehrschichtensystem auf, das einen erhöhten magnetoresistiven Effekt, insbesondere einen sogenannten GMR-Effekt, zeigt. Das Schichtensystem enthält deshalb mindestens eine magnetisch weichere Meßschicht mit einer in ihrer Schichtebene drehbaren Magnetisierung. Parallel dazu ist ein Biasteil mit einer Biaschicht oder einem Biasschichtensystem angeordnet,

wobei der Biasteil magnetisch härter und unter dem Einfluß des Magnetfeldes des mindestens einen Magnetpoles eine zumindest weitgehend unveränderte Magnetisierung besitzt. Entsprechende Mehrschichtensysteme mit GMR-Effekt sind z. B. aus den Schriften EP-A-0 483 373, DE-A-42 32 244, DE-A-42 43 357 oder DE-A-42 43 358 bekannt.

Bei einer Positionserfassungsvorrichtung mit diesen Merkmalen soll erfindungsgemäß deren magnetfelderzeugende Einrichtung bezüglich der Sensoreinrichtung in vorbestimmter Weise angeordnet sein:

Hierzu werden eine Normale auf der Ebene der Meßschicht des Mehrschichtensystems des mindestens einen Sensors sowie die gedachte Bezugslinie, an welcher der mindestens eine Magnetpol der magnetfelderzeugenden Einrichtung liegt, betrachtet. Dann soll die Normalenrichtung mit der Bezugslinie an deren der Meßschicht nächsten Stelle einen Winkel einschließen, der von Null verschieden ist. Vorzugsweise ist dieser Winkel zumindest annähernd 90°. Die Bezugslinie liegt dann in einer Ebene, die zumindest annähernd parallel zur Ebene der Meßschicht verläuft. Außerdem sollen die magnetfelderzeugende Einrichtung und die Sensoreinrichtung relativ zueinander so zu bewegen sein, daß dabei das Magnetfeld des mindestens einen Magnetpols der magnetfelderzeugenden Einrichtung von der Meßschicht des Mehrschichtensystems des wenigstens einen Sensors erfaßt wird und bei der Führung des mindestens einen Magnetpols durch den Erfassungsbereich der Sensoreinrichtung ein der Anzahl der vorhandenen bzw. erfaßten Magnetpole entsprechend vielfaches Durchlaufen der Sensorkennlinie oder eines Teils derselben bewirkt wird. Als Sensorkennlinie werden dabei die in einem Diagramm darstellbaren Widerstandswerte angesehen, die die Sensoreinrichtung bei einem Vorbeiführen eines Magnetpols an ihrer mindestens einen Meßschicht annehmen kann.

Selbstverständlich ist es auch möglich, daß die Magnetpole der magnetfelderzeugenden Einrichtung auch wiederholt durch den Erfassungsbereich der Sensoreinrichtung geführt werden (oder umgekehrt). Dann wird die Sensorkennlinie oder deren Teillinie entsprechend der Anzahl an von der Sensoreinrichtung insgesamt nacheinander erfaßten Magnetpolen oft durchlaufen.

Einige Ausführungsbeispiele entsprechender erfindungsgemäßer Dreh- und Linearpositionserfassungseinrichtungen sind aus den Figuren ersichtlich. Dort nicht näher dargestellte Teile sind allgemein bekannt, so daß auf deren Beschreibung nachfolgend verzichtet ist.

Gemäß der in den Fig. 1 und 2 angedeuteten Ausführungsform einer entsprechenden Vorrichtung 2 zur Erfassung einer Drehposition ist deren magnetfelderzeugende Einrichtung als ein magnetisches Polrad 3 gestaltet. Das Polrad ist um eine Bezugsachse G_1 drehbar gelagert und beispielsweise auf der Achse eines Elektromotors montiert. Es enthält auf einer längs seines Außenumfangs verlaufenden Bezugslinie L_1 in Umfangsrichtung gesehen hintereinanderliegende Magnetpole 4_j mit wechselnder Polarität. Von den n (mit $1 \leq j \leq n$) Magnetpolen sind in der Figur nur vier gezeigt, zwei mit Polarität N (= Nordpol) und zwei mit Polarität S (= Südpol). Das zwischen benachbarten Polen mit unterschiedlicher Polarität verlaufende Magnetfeld ist durch eine Feldlinie h angedeutet.

Das Polrad 3 ist in einem Abstand a_0 seiner Bezugslinie L_1 von dem Sensor 6 einer Sensoreinrichtung 5 entfernt angeordnet. Der in den Figuren gegenüber dem Polrad nicht maßstäblich dargestellte Sensor wird von

einem Strom I durchflossen und weist ein Mehrschichtensystem mit einem in seiner Magnetisierung M_b festen Schichtteil 7, einem sogenannten Biasteil, und einer weichmagnetischen Meßschicht 8 mit einer in der Schichtebene drehbaren Magnetisierung M_m auf. Eine Normale auf der Oberflächenebene des Schichtpaketes des Mehrschichtensystems des Sensors 6 bzw. der Meßschicht 8 sei mit H_1 bezeichnet.

Erfindungsgemäß ist der Sensor 6 bezüglich des Polrades 3 so angeordnet, daß die Bezugsachse G_1 (= Drehachse) des Polrades nicht parallel zur Normalen H_1 auf der Sensorebene verläuft. Wie aus den Fig. 1 und 2 hervorgeht, schließen die Bezugsachse G_1 und die Normale H_1 einen Winkel φ mit einem Wert ungleich Null, vorzugsweise einen Winkel φ von zumindest annähernd 90° ein. Dann sind bei einer Drehung des Polrades 3 um die Bezugsachse G_1 die Magnetpole 4_j mit ihren Polflächen nacheinander dem Sensor 6 direkt zugewandt.

Bei einer solchen Drehung wird die Widerstandskennlinie des giant-magnetoresistiven Sensors 6 n -fach durchlaufen. Da die Richtung der Magnetisierung M_m der weichmagnetischen Meßschicht 8 im giant-magnetoresistiven Sensor 6 in einem weiten Feldbereich dem einwirkenden Magnetfeld folgt und die Widerstandsänderung des Mehrschichtenpakets nur vom Winkel der Magnetisierungen M_m in der Meßschicht und M_b in dem Biasteil abhängt, ist das von dem Sensor abgegebene Signal, das die Winkellage des magnetischen Polrades 3 abbildet, vorteilhaft in einem weiten Bereich unabhängig von dem Abstand a_0 zwischen dem Polrad und dem Sensor.

Wie ferner aus Fig. 2 entnehmbar ist, braucht die Normale H_1 nicht unbedingt die Mittelachse H_1' des Sensors 6 darstellen, sondern kann gegenüber dieser Achse auch um einen Abstand a_1 verschoben sein.

Durch die hohe Empfindlichkeit von giant-magnetoresistiven Sensoren ist bei der erfindungsgemäßen Positionserfassungsvorrichtung keine differentielle Anordnung mehr nötig, wie sie z. B. bei Hallsensoren (vgl. z. B. Datenbuch "Magnetic Sensors" der Siemens AG, 1989, Seite 57) erforderlich wird; dadurch lassen sich kleinere Polabstände eines Polrads ermöglichen, so daß dann eine entsprechend höhere Auflösung und/oder eine entsprechende Miniaturisierung erreichbar ist.

Bei der in den Fig. 1 und 2 gezeigten Drehpositionserfassungsvorrichtung 2 kann in dem zwischen dem Polrad 3 und dem Sensor 6 durch den Abstand der Größe a_0 gekennzeichneten Raum eine Trenn- oder Gehäusewand eingefügt werden. Diese Wand muß aus einem nicht-ferromagnetischen Material bestehen. Ein solcher Aufbau läßt sich insbesondere dann vorsehen, wenn beispielsweise das Polrad oder der Sensor in ein Gehäuse eingebaut oder in unterschiedlichen Umgebungsmedien, die durch eine Trennwand voneinander zu trennen sind, angeordnet werden sollen.

Die in Fig. 3 dargestellte Ausführungsform einer Vorrichtung 10 zur Erfassung der Drehposition eines Polrades 3 (gemäß Fig. 1) mit n Magnetpolen 4_j weist eine Sensoreinrichtung 11 mit einem Paar von magnetoresistiven Sensoren 12 und 13 auf.

In der Figur sind die Sensoren gegenüber dem Polrad nicht maßstäblich — aus Gründen der Übersichtlichkeit vergrößert — dargestellt. Sie sind elektrisch miteinander verschaltet und werden von einem Strom I durchflossen. Ihre Mehrschichtensysteme liegen in einer gemeinsamen Ebene und sind so zueinander ausgerichtet, daß die Richtungen der Magnetisierungen M_{b1} und M_{b2} ihrer Biasteile vorzugsweise rechtwinklig zueinander

verlaufen. Eine den Sensoren gemeinsame Bezugsachse H_2 , die in Richtung einer Normalen auf der Ebene der Sensoren weist und zentral zwischen den untereinander beabstandeten Sensoren verläuft, schließt mit der Drehachse G_1 des Polrades 3 einen Winkel von 90° ein. Gegenüber dieser Drehachse ist die Bezugsachse H_2 um einen Abstand a_2 seitlich verschoben, wobei a_2 deutlich kleiner als eine halbe Periode des Polabstandes benachbarter Magnetpole sein sollte. Bei Drehung des Polrades 3 um seine Achse G_1 wird die Widerstandskennlinie der giant-magnetoresistiven Sensoren n -fach (pro Polradumdrehung) durchlaufen, wobei die beiden Sensoren je ein um 90° phasenverschobenes periodisches Signal liefern. Dies führt beispielsweise zu einer besseren Abtastung der durch die Polzahl des magnetischen Polrades vorgegebenen Grundaufösung, als sie mit zwei nur unter Einhaltung eines vorbestimmten Abstandes nebeneinander anordbaren Hallsensoren zu realisieren wäre. Denn die beiden GMR-Sensoren 12 und 13 können vorteilhaft in unmittelbarer Nachbarschaft nebeneinander z. B. auf einem gemeinsamen Chip angeordnet werden. Außerdem ermöglicht die gezeigte Ausführungsform vorteilhaft eine Richtungserkennung der Drehung.

Abweichend von der Positionserfassungsvorrichtung 10 nach Fig. 3 sind bei der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform einer Drehpositionserfassungsvorrichtung 15 die giant-magnetoresistiven Sensoren 16 und 17 ihrer Sensoreinrichtung 18 nicht in einer gemeinsamen Ebene angeordnet, sondern liegen in parallelen Ebenen. Der Aufbau der Mehrschichtensysteme der Sensoren kann entweder auf hybridem Wege oder durch geeignete Beschichtung und Strukturierung eines Wafers 19 entweder auf dessen gegenüberliegenden Flachseiten oder auch auf einer Seite erfolgen. Die Sensoren haben eine gemeinsame Bezugsachse H_3 in Richtung ihrer Flächennormalen. Die z. B. im Bereich der Mitten der Sensoren verlaufende Bezugsachse H_3 schließt mit der Drehachse G_1 des Polrades 3 wiederum einen Winkel von 90° ein. Aufgrund der erlaubten Abstandstoleranzen geben die Sensoren der Vorrichtung 15 ein in der Amplitude zumindest annähernd gleiches, aber um 90° phasenverschobenes Signal ab.

Gemäß den Fig. 1 bis 4 wurde davon ausgegangen, daß eine Bezugslinie L_1 der Magnetpole einer magnetfelderzeugenden Einrichtung eine Umfangslinie eines Polrades 3 beschreibt. Ebenso gut kann jedoch die Bezugslinie auch eine Gerade bilden. Ein entsprechendes Ausführungsbeispiel einer Linearpositionserfassungsvorrichtung ist in Fig. 5 veranschaulicht. Diese mit 20 bezeichnete Vorrichtung enthält als magnetfelderzeugende Einrichtung ein sich längs einer geraden Bezugslinie L_2 erstreckendes magnetisches Band 21 mit n hintereinandergereihten Magnetpolen 4_k (mit $1 \leq k \leq n$) abwechselnder Polarität. Die Bezugslinie L_2 verläuft dabei in senkrechter Richtung bezüglich der Normalen H_1 auf dem giant-magnetoresistiven Sensor 6 (z. B. nach Fig. 1). Zwischen dem Mehrschichtensystem des Sensors und dem magnetischen Band 21 ist ein Abstand a_3 eingehalten. Bei Bewegung des Sensors 6 entlang einer zur Bezugslinie L_2 um den Abstand a_3 beabstandeten parallelen Linie oder des magnetischen Bandes entlang der Bezugslinie L_2 wird die Widerstandskennlinie des giant-magnetoresistiven Sensors 6 n -fach durchlaufen. Da die Richtung der Magnetisierung M_m der weichmagnetischen Meßschicht 8 des Sensors 6 in einem weiten Feldbereich dem einwirkenden Magnetfeld des magnetischen Bandes 21 folgt und die Widerstandsänderung

des Mehrschichtensystems des Sensors nur vom Winkel der Magnetisierungen M_m in seiner Meßschicht und M_b in seinem Biasteil 7 bzw. der Biasschicht abhängt, ist das von der Sensoreinrichtung abgegebene Signal, das die Position des magnetischen Bandes 21 abbildet, vorteilhaft in einem weiten Bereich unabhängig vom Abstand a_3 zwischen dem magnetischen Band 21 und dem Sensor 6.

Die in den Fig. 1 bis 5 gezeigten Ausführungsformen von erfindungsgemäßen Positionserfassungsvorrichtungen sehen vor, daß die Bezugsachsen bzw. Normalen auf ihren Sensoreinrichtungen bzw. Sensoren jeweils zumindest annähernd senkrecht bezüglich der Drehachse G_1 und/oder senkrecht zu den Bezugslinien L_1 und L_2 verlaufen. Eine erfindungsgemäße Positionserfassungsvorrichtung ist jedoch nicht auf derartige Winkel zwischen den Normalen und den Bezugslinien beschränkt. Vielmehr können auch Winkel größer oder kleiner als 90° , vorzugsweise aus dem Bereich zwischen 60° und 120° , gewählt werden. Da die Richtung der Magnetisierung M_m der weichmagnetischen Meßschicht in einem giant-magnetoresistiven Sensor in einem weiten Feldbereich der Richtung des einwirkenden Magnetfeldes folgt und die Widerstandsänderung seines Mehrschichtensystems nur vom Winkel zwischen den Richtungen der Magnetisierungen M_m in der Meßschicht und M_b in dem Biasteil abhängt, ist das von dem Mehrschichtensystem abgegebene Signal, das z. B. die Winkellage eines magnetischen Polrades abbildet, in einem weiten Bereich unabhängig vom Winkel zwischen einer Normalen auf der Ebene der Meßschicht eines Mehrschichtensystems und der Bezugslinie des mindestens einen Magnetpols. Dies erlaubt vorteilhaft hohe Einbautoleranzen bei einer Fertigung und Montage entsprechender Systeme und bedeutet, daß verschiedene Exemplare des gleichen Systems unterschiedliche Winkel aus dem genannten Winkelbereich haben können, ohne daß sich praktisch ihre elektrische Funktionsweise ändert. Ein entsprechendes Ausführungsbeispiel ist aus den Fig. 6 und 7 ersichtlich.

Bei der in diesen Figuren gezeigten Positionserfassungsvorrichtung 24 wird statt der in den Fig. 3 und 4 dargestellten Anordnung einer Sensoreinrichtung mit zwei Sensoren nunmehr eine solche Einrichtung 25 mit mehr als zwei, beispielsweise drei in einer Ebene liegenden Sensoren 26 bis 28 verwendet. Diese von dem Polrad 3 um eine Größe a_4 beabstandete Sensoren sind vorzugsweise unter einem Winkel χ 120° ihrer in der Sensorebene liegenden Flächenachsen bzw. der Richtungen der Magnetisierungen M_{bi} ihrer Biasteile 29_i (mit $1 \leq i \leq 3$) zueinander angeordnet. Dadurch werden von jedem Sensor nur noch zwei lineare Bereiche von je 60° zu einer 360° -Detektion benötigt anstatt von je 90° gemäß der Ausführungsform nach den Fig. 3 und 4.

Fig. 8 zeigt eine Ausführungsform einer Drehpositionserfassungsvorrichtung 30 mit einem Polrad 31 als magnetfelderzeugender Einrichtung, die nur einen einzigen magnetischen Doppelpol 32 aufweist. Der z. B. von einem Stabmagneten gebildete Doppelpol ist dabei so angeordnet, daß er sich in radialer Richtung bezüglich der Drehachse G_2 des Polrades 31 erstreckt. D.h., nur ein Magnetpol 32a dieses Stabmagneten ist dem giant-magnetoresistiven Sensor 6 (z. B. gemäß Fig. 1) einer Sensoreinrichtung unter Einhaltung eines Abstandes a_5 zugewandt. Das von dem Stabmagneten hervorgerufene Magnetfeld ist durch Feldlinien h' angedeutet. Die gezeigte Vorrichtung 30 kann insbesondere zur Erzeugung von Trigger- oder Zählimpulsen verwendet

werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (2, 10, 15, 20, 25, 30) zur berührungslosen Erfassung der Position eines Objektes bezüglich einer vorgegebenen Ausgangslage

— mit einer magnetfelderzeugenden Einrichtung (3, 21, 31), die an einer gedachten Bezugslinie (L_1 , L_2) einen Magnetpol (32a) oder längs der Linie mehrere hintereinandergereihte, wechselnde Magnetfeldrichtungen erzeugende Magnetpole (4_j , 4_k) bildet,

— mit einer Sensoreinrichtung (5, 11, 18, 25), die wenigstens einen stromdurchflossenen Sensor (6, 12, 13, 16, 17, 26—28) mit erhöhtem magnetoresistiven Effekt enthält, der ein Schichtensystem mit mindestens einer magnetisch weichen Meßschicht (8) mit einer in ihrer Schichtebene drehbaren Magnetisierung (M_m) und mindestens einen magnetisch härteren Biasteil (7, 29_i) mit einer zumindest weitgehend unveränderten Magnetisierung (M_b , M_{b1} , M_{b2} , M_{bi}) aufweist, sowie

— mit einer starren Verbindung des Objektes mit der Sensoreinrichtung oder der magnetfelderzeugenden Einrichtung,

wobei die magnetfelderzeugende Einrichtung bezüglich der Sensoreinrichtung

a) so angeordnet ist, daß die Richtung einer Normalen (H_1 , H_1' , H_2 , H_3) auf der Ebene der Meßschicht des wenigstens einen Sensors unter einem von Null verschiedenen Winkel φ bezüglich der gedachten Bezugslinie des mindestens einen Magnetpols verläuft, und

b) so relativ zu bewegen ist, daß dabei das Magnetfeld (h , h') des mindestens einen Magnetpols von der Meßschicht des wenigstens einen Sensors erfaßt wird und daß dabei ein der Zahl (n) der erfaßten Magnetpole entsprechend vielfaches Durchlaufen der Sensorkennlinie oder eines Teils derselben bewirkt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bezugslinie (L_2) zumindest annähernd eine Gerade ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bezugslinie (L_1) zumindest annähernd die Umfangslinie eines Polrades (3, 31) ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinrichtung (11, 18, 25) mehrere elektrisch miteinander verschaltete Sensoren (12, 13; 16, 17; 26—28) umfaßt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Sensoren (11, 12) vorgesehen sind, deren Biasteile ihrer Schichtensysteme Magnetisierungsrichtungen (M_{b1} , M_{b2}) aufweisen, die zumindest weitgehend rechtwinklig zueinander verlaufen.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß drei Sensoren (26—28) vorgesehen sind, deren Biasteile (29_i) ihrer Schichtensysteme Magnetisierungsrichtungen (M_{bi}) aufweisen, die untereinander jeweils zumindest annähernd einen Winkel von 120° einschließen.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (12, 13; 26—28) in einer gemeinsamen Ebene liegen.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (16, 17) in parallelen Ebenen liegen.

9. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zumindest als Teil eines kontaktlosen Potentiometers. 5

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

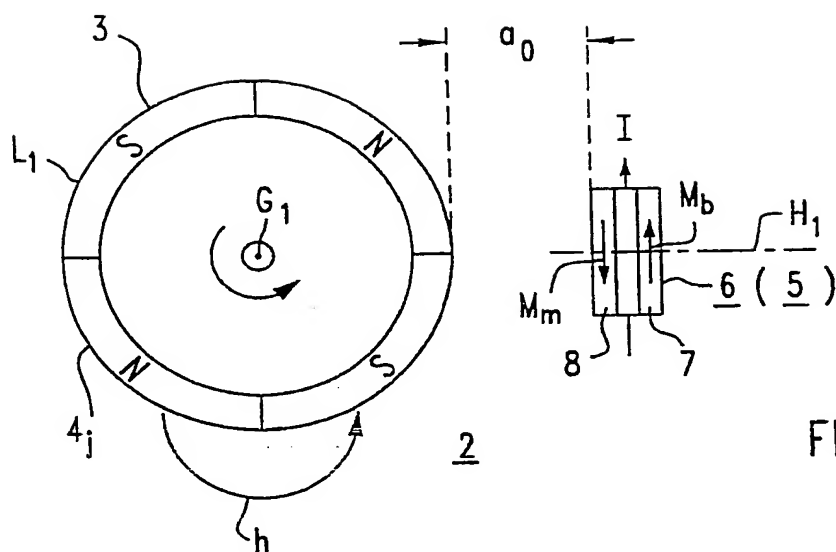


FIG 1

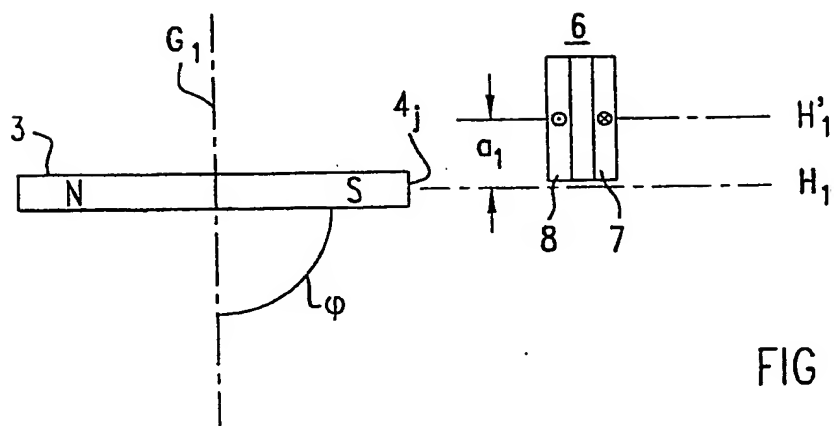


FIG 2

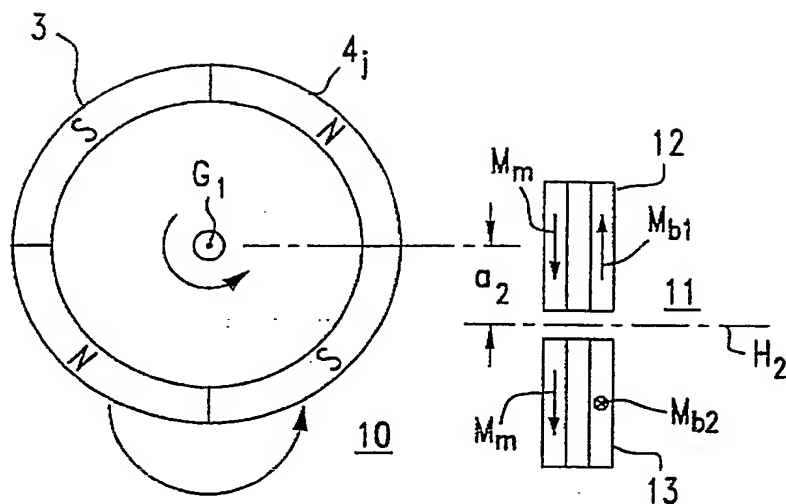


FIG 3

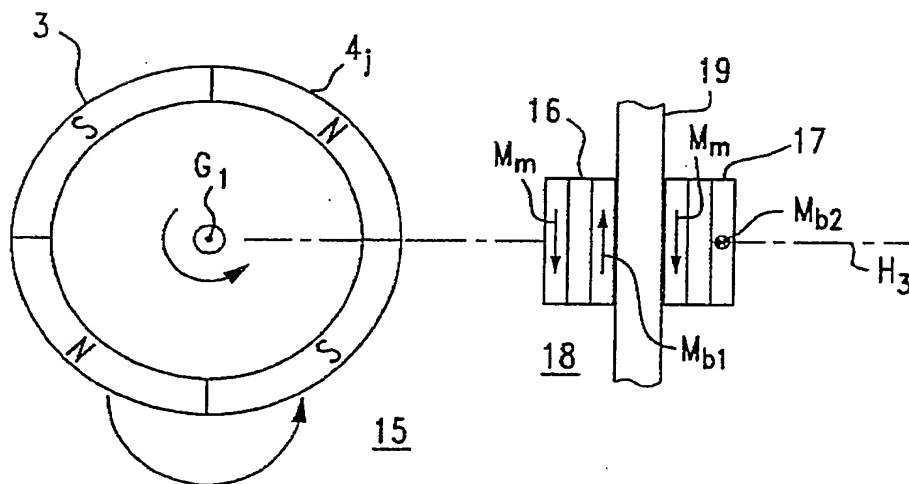
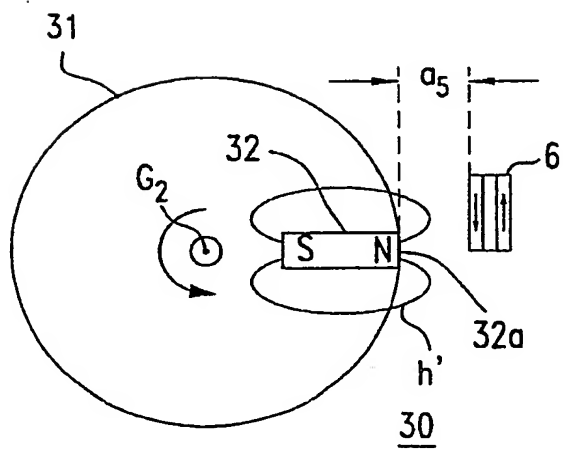
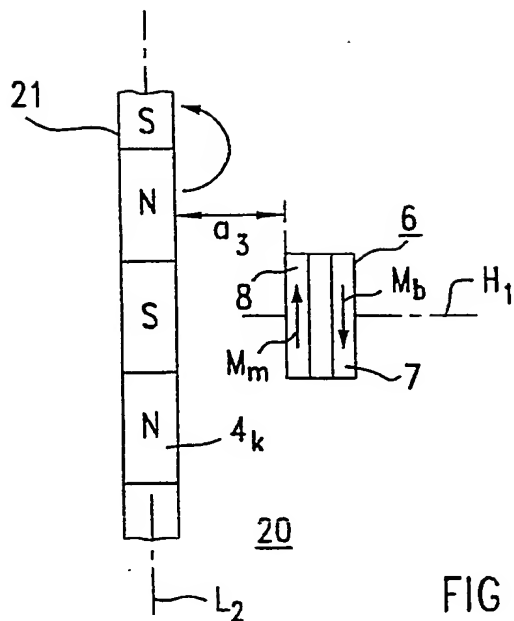


FIG 4



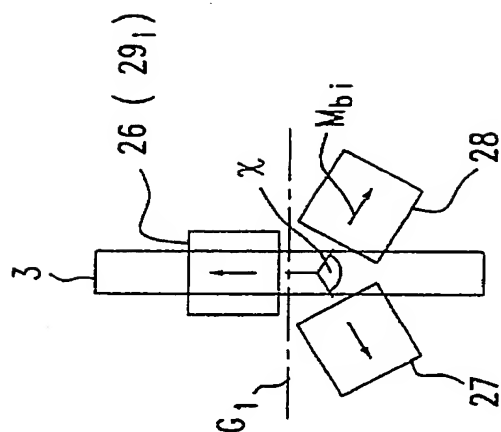


FIG 7

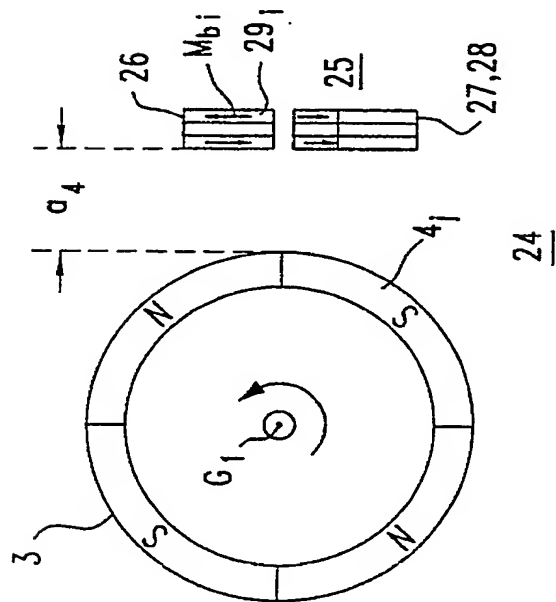


FIG 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.